

Año 17, PCTI 253-SC-2026-01-16

## La microalga *Schizochytrium* sp. es segura para producir péptidos bioactivos de aplicación agrícola

Carlos Munguía<sup>1,2</sup>, Kevyn Guerra<sup>1,2</sup>, Reyna Romero-Geraldo<sup>2</sup>, Carlos Angulo<sup>1\*</sup>.

Centro Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), IPN # 195, Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz B.C.S. 23096, México, Grupo de Inmunología & Vacunología<sup>1</sup>. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de La Paz, Boulevard Forjadores, 8 de Octubre 2da Secc, La Paz, B.C.S. 23080. Departamento de Ingenierías<sup>2</sup>. eangulo@cibnor.mx\*

Biotecnología y Ciencias Agropecuarias

### Abstract

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivation is affected by losses due to environmental stress and pathogens, while the excessive use of agrochemicals compromises both human health and the environment. In this study, the effect of crude and protein extracts from *Schizochytrium* sp., cultured in ASWm medium at 28 °C for 5 days, was evaluated in vitro on the germination and seedling development of tomato. Disinfected seeds were treated with crude and protein extracts at different dilutions and incubated at 28 °C for 6 days. The extracts did not cause phytotoxicity and promoted germination, reaching up to 100% with the crude extract after 4 days, compared to 80% and 95% in the control treatments. In conclusion, *Schizochytrium* sp. extracts did not generate observable phytotoxic effects on tomato seeds and had a better effect on the germination and development of seedlings under in vitro conditions compared with the control untreated group.

**Keywords:** biostimulants, bioeconomy, agricultural innovation, expression, biocontrol.

### Resumen

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) enfrenta pérdidas debido al estrés ambiental y a los patógenos, mientras que el uso excesivo de agroquímicos compromete tanto la salud humana como el medio ambiente. En este estudio, se evaluó *in vitro* el efecto de extractos crudos y proteicos de *Schizochytrium* sp., cultivada en medio ASWm, pH 7.2 a 28 °C durante 5 días, sobre la germinación y el desarrollo de plántulas de tomate. Las semillas desinfectadas fueron tratadas con extractos crudos y proteicos a diferentes diluciones e incubadas a 28 °C durante 6 días. Los extractos no causaron fitotoxicidad y promovieron la germinación, hasta en un 100% con el extracto crudo después de 4 días, respecto al 80 y 95 % de los tratamientos control. En conclusión, los extractos de *Schizochytrium* sp. no generaron efectos fitotóxicos visibles en las semillas de tomate y un mejor efecto en la germinación y desarrollo de plántulas bajo condiciones in vitro respecto al grupo control no tratado.

**Palabras clave:** bioestimulantes, bioeconomía, innovación agrícola, expresión, biocontrol.

### Problemática

El cultivo de tomate tiene pérdidas anuales de hasta 25 % de su rendimiento debido a patógenos (como *Clavibacter michiganensis* y *Pseudomonas syringae*), lo que representa un impacto económico y productivo significativo. Ante este panorama, se requieren plataformas biotecnológicas seguras y eficientes, como la producción de péptidos bioactivos en microalgas como alternativa sostenible a los agroquímicos convencionales.

### Usuarios

Secretaría de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), productores, investigadores y técnicos relacionados con la producción de hortalizas y particularmente de tomate.

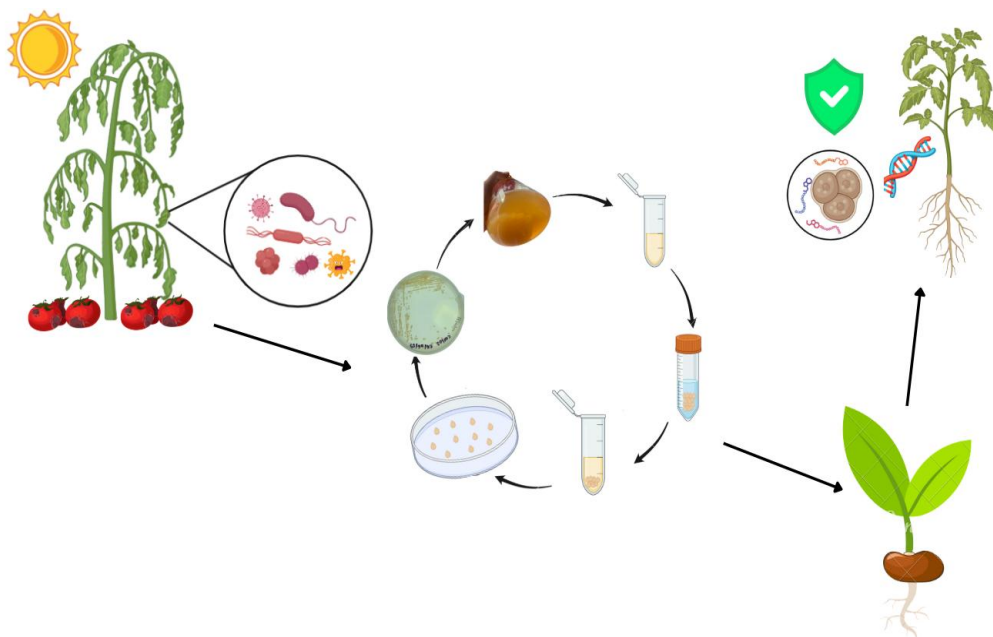


Figura 1. Representación esquemática de *Schizochytrium* sp. como plataforma segura para la producción y expresión de péptidos recombinantes bioactivos, con aplicaciones en la agricultura sostenible.

### Introducción

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es de gran importancia económica y alimentaria a nivel mundial; en 2023, la producción global alcanzó aproximadamente 192 millones de toneladas (FAOSTAT, 2025). Sin embargo, su producción se ve reducida por fitopatógenos clave, como *Clavibacter michiganensis* y *Pseudomonas syringae*, que afectan el desarrollo de las plántulas y pérdidas en los cultivos (Rouphael & Colla, 2018). Para controlar estas afecciones, comúnmente se emplean agroquímicos como pesticidas, fertilizantes sintéticos y fungicidas. El uso excesivo de estos compuestos provoca contaminación ambiental, riesgos a la salud y favorece la resistencia de los patógenos, disminuyendo la eficacia de los tratamientos (Miller et al., 2022). Los bioestimulantes derivados de microalgas marinas han demostrado ser una alternativa ante el uso excesivo de agroquímicos (Kapoore et al., 2021; Mutale-Joan et al., 2020). En particular, *Schizochytrium* sp. es una microalga rica en péptidos y metabolitos bioactivos, y además una plataforma para la producción recombinante y aplicación directa de péptidos antimicrobianos e inmunoestimulantes; sin embargo, su potencial uso agrícola no ha sido estudiado (Zhao et al., 2022; Angulo et al., 2025).

### Objetivos

Evaluar el efecto de extractos de *Schizochytrium* sp. sobre la germinación de plántulas de tomate *in vitro*.

### Materiales y Métodos

*Schizochytrium* sp. se cultivó en 200 mL de medio ASWm (30 g/L de NaCl, 3.07 g/L de MgSO<sub>4</sub>, 4.09 g/L de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1.36 g/L de CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 0.696 g/L de KCl, 0.2 g/L de NaHCO<sub>3</sub>, 0.0207 g/L de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0.0136 g/L de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 40 g/L de glucosa, 0.4 g/L de extracto de levadura y 30 g/L de glutamato de sodio, pH 7.2) a 28 °C con agitación constante r.p.m. durante 5 días (Ecotron, Infors HT). La biomasa se recolectó al día 4 y 5, se centrifugaron 100 mL de cultivo a 8000 g a 4 °C durante 10 minutos. Las células recolectadas se liofilizaron (Labconco, Free zone 18 L) durante 24 horas. Los extractos se prepararon resuspendiendo 50 mg de la biomasa liofilizada en 1 mL de solución buffer (Tris 100 mM, NaCl 200 mM, pH 8) y 10 µL de inhibidor de proteasas (PMSF). La mezcla se sonicó al 25% de amplitud en cinco ciclos de 5 segundos de sonicación y 5 segundos de reposo en hielo. A partir del mismo lisado, el extracto crudo se obtuvo directamente posterior a la ruptura celular, mientras que el extracto proteico soluble (sobrenadante) se obtuvo mediante centrifugación a 8000 g y a 4 °C durante 15 minutos.

Por otro lado, las semillas de tomate se desinfectaron por inmersión con etanol al 70% durante 1 minuto seguido otra desinfección con hipoclorito de sodio al 1% durante 15 minutos, lavados con agua destilada estéril se intercalaron entre cada paso. Posteriormente, las semillas se embebieron con los tratamientos (extracto crudo y proteico) y se incubaron a 28 °C y 100 r.p.m. durante 60 minutos.

Los controles utilizados fueron buffer de extracción y PBS (40 g de NaCl, 1 g de KCl, 7.2 g de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 1.2 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> y 500 mL de H<sub>2</sub>O).

Posteriormente, las semillas tratadas se transfirieron a placas Petri estériles, las cuales fueron humedecidas con agua destilada estéril en papel absorbente (10 semillas por placa, 3 placas por tratamiento). Las placas se incubaron a 28 °C en oscuridad durante 6 días. La germinación se observó cada 48 horas y al término del periodo se determinó la tasa de germinación, la emergencia de la radícula, la longitud del tallo y la presencia de cotiledones. Estos valores se determinaron comparando semillas sin tratamiento y las tratadas, se consideró como 100% el número de semillas germinadas sin tratamiento.

### Resultados y Discusión

Los resultados de la germinación muestran diferencias entre los tratamientos aplicados: las semillas tratadas con el extracto crudo de 4 días (E-4) presentaron un porcentaje de germinación del 96.6 %, siendo el más efectivo. El extracto proteico (sobrenadante, S-5) y el extracto crudo (E-5) 93.3 y 86.6 %, respectivamente. El sobrenadante al día 4 (S-4) mostró una germinación de 73.3 %, mientras que los controles (PBS y buffer) oscilaron entre 83.3 y 93.3 %. Además, las plántulas tratadas con extracto crudo de *Schizochytrium* sp. mostraron mayor vigor, con radículas más elongadas, tallos robustos y



Figura 2. Germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a los 6 días en condiciones in vitro en tratamientos control y con extracto crudo de *Schizochytrium* sp. Se observa emergencia de radícula, tallo y desarrollo de cotiledones.

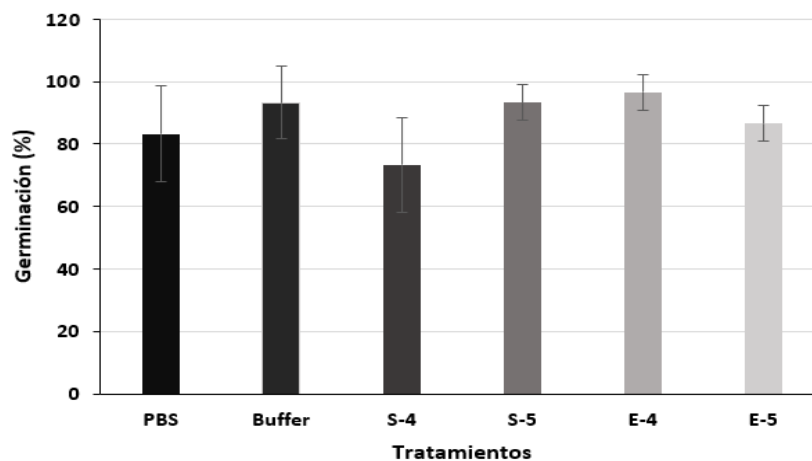


Figura 3. Porcentaje de germinación correspondiente a cada tratamiento evaluado.

cotiledones expandidos (Fig.2), sugiriéndolo cual sugiere que los ácidos grasos y péptidos que contiene esta microalga estimulan el crecimiento temprano de la planta (García-González & Sommerfeld, 2015).

La ausencia de diferencias en la germinación entre tratamientos y controles indica que los extractos de *Schizochytrium* sp. cultivados por 4 y 5 días no indujeron efectos fitotóxicos en semillas de tomate. Este resultado se alinea con estudios que resaltan la bioseguridad de microalgas marinas y su efecto en la mejora de la resistencia al estrés abiótico y biótico, lo que modula rutas hormonales y actividad antioxidante (Rachidi et al., 2020; Bello et al., 2021). Además, aunque estudios en otras microalgas han demostrado la producción de péptidos antimicrobianos, en el caso de *Schizochytrium* sp. lo más relevante es la evidencia experimental que respalda su capacidad como plataforma para la expresión de péptidos y proteínas recombinantes con altos niveles de acumulación y rápida expresión (Bañuelos-Hernández et al., 2017; Monreal-Escalante et al., 2023; Angulo et al., 2018; Angulo et al., 2024).

### Conclusiones

Los extractos de *Schizochytrium* sp. no generaron efectos fitotóxicos visibles en las semillas de tomate y un mejor efecto en la germinación y desarrollo de plántulas bajo condiciones *in vitro* respecto al grupo control no tratado. Por ello, *Schizochytrium* sp. podría constituir una plataforma segura para la expresión de péptidos bioactivos recombinantes como antimicrobianos o promotores de crecimiento vegetal.

### Impacto Socioeconómico

Las evidencias científicas consolidan el potencial de *Schizochytrium* sp. como una microalga segura para semillas y plántulas de tomate y como una plataforma biotecnológica para la producción y entrega como extractos crudos de péptidos bioactivos. Su aplicación podría reducir costos, minimizar impactos ambientales y mejorar la seguridad alimentaria, promoviendo una agricultura más limpia e innovadora.